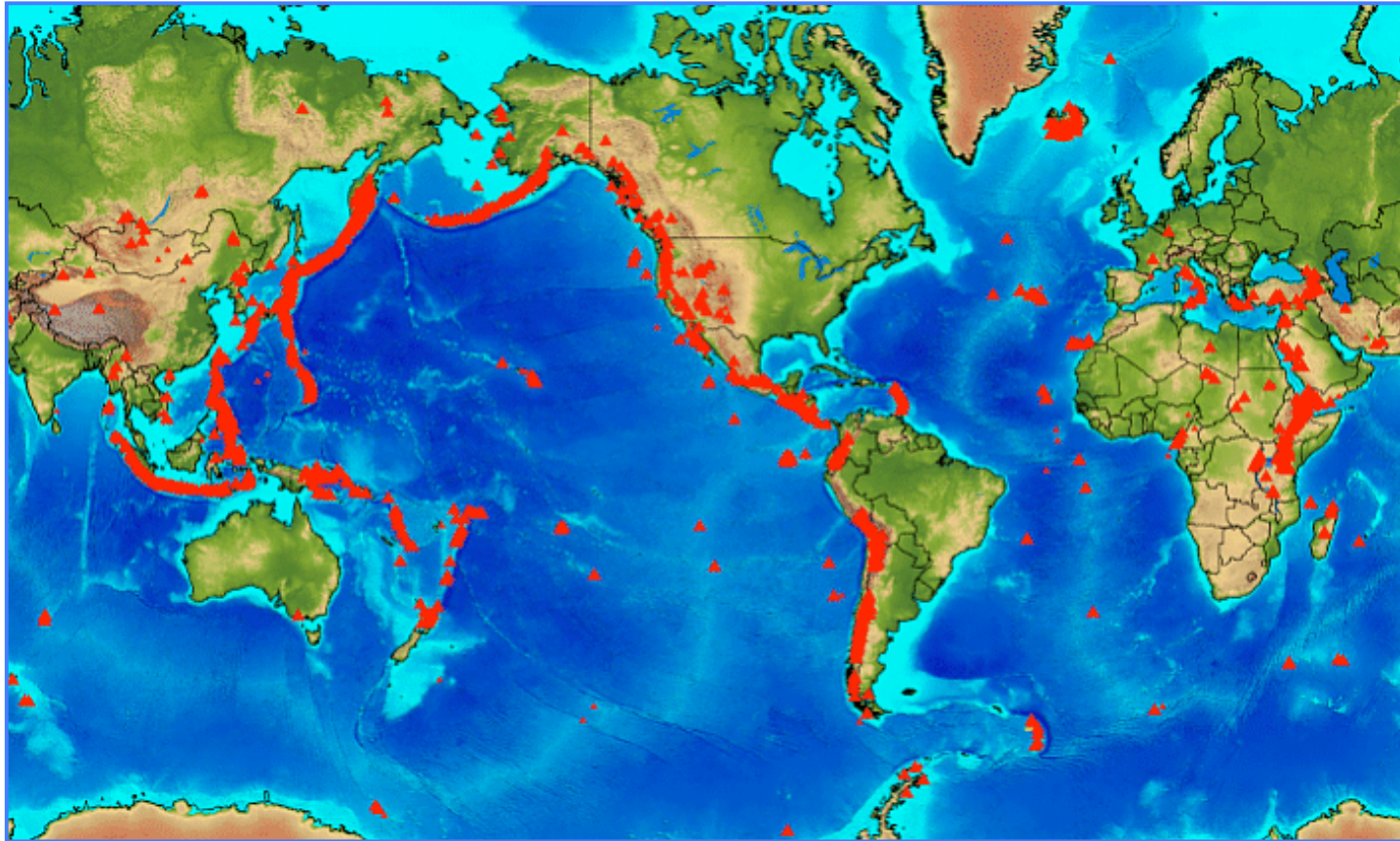


9. Ambienti, fenomenologie e prodotti vulcanici



Volcanoes of the World- Global Volcanism Program, Smithsonian Institution

“La Scienza come arte dell'approssimazione” (Luca Cavalli-Sforza)

Verranno trattati i seguenti argomenti

- + Modalità di estrusione dei magmi:
eruzioni effusive vs. eruzioni esplosive
- + Natura dei prodotti/depositi vulcanici:
lave vs. piroclastiti
- + Tipologia degli edifici vulcanici



Stromboli

[www.naturamediterraneo.com/ forum/topic.asp?TO...](http://www.naturamediterraneo.com/forum/topic.asp?TO...)

Approfondimenti in:

- M.G. Best (2003). Igneous and Metamorphic Petrology, Blackwell, Chapter 10
- Sigurdsson et al. eds (2000). *Enciclopedia of Volcanoes*
- Global Volcanism Program: <http://www.volcano.si.edu/world>
- D. A. Wark & C.F. Miller (Guest Editors): Supervolcanoes, Elements, 4/1, 2008



Le proprietà chimiche e fisiche dei magmi ($\text{SiO}_2\%$, contenuto in volatili, viscosità, etc.) determinano:

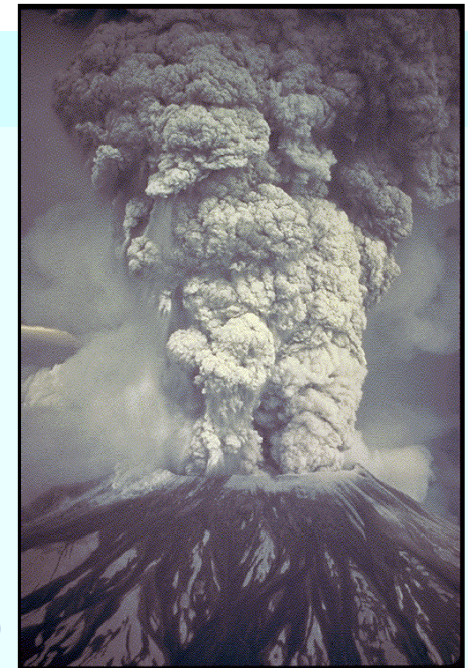
- le **modalità di eruzione**: eruzioni *effusive* vs. eruzioni *esplosive*
- la **natura dei prodotti/depositi vulcanici**: lave e colate laviche vs. depositi *piroclastici*
- la **tipologia/morfologia degli edifici vulcanici**

9.1 Stile delle eruzioni vulcaniche*

+ eruzioni *effusive* vs. eruzioni *esplosive*



(Figs. after Winter, 2001)



***Eruzioni vulcaniche:** fenomeni episodici e di breve durata (minuti-ore-giorni-mesi-anni).

***Eruzioni prevalentemente effusive** (Hawaii. Etna) vs. **eruzioni prevalentemente esplosive** (Vesuvio, Eolie).

● Le eruzioni vulcaniche iniziano generalmente con un'attività esplosiva e si concludono con effusioni laviche.

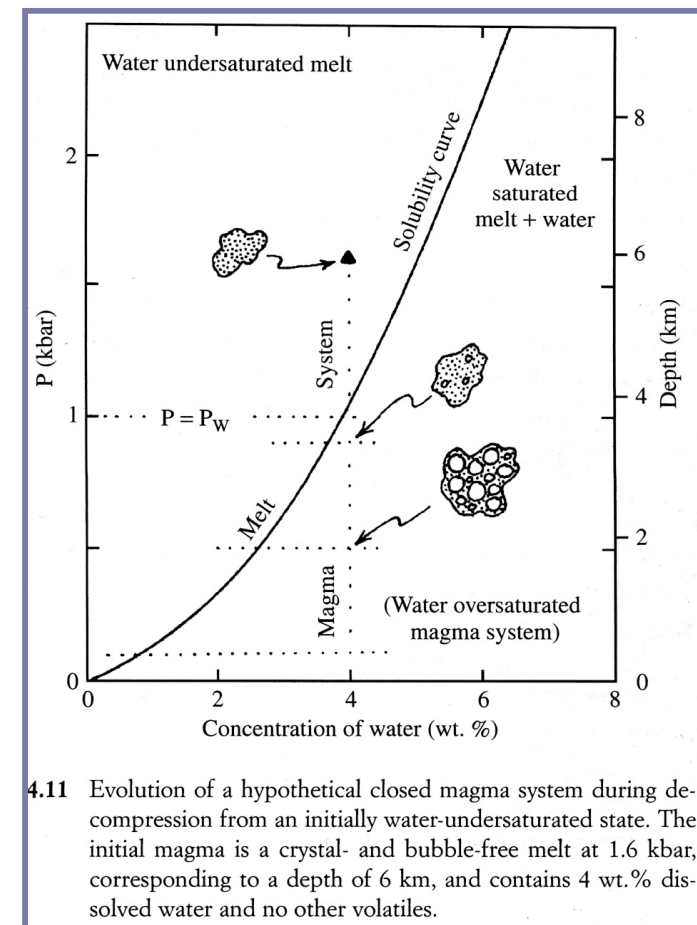
- ✓ Lo **stile** delle eruzioni vulcaniche dipende:
- + **X/reologia_{magma}** (*acidità, viscosità apparente*)
- + **contenuto in volatili** (H₂O soprattutto)
- + **modalità di essoluzione** (*vescicolazione*) della fase gassosa

 *i gas sono la forza motrice e il principale fattore di controllo dell'attività vulcanica*

Essoluzione di volatili e vescicolazione

❖ In un magma sottosaturo al *diminuire* della P e/o della T , raggiunta la *saturazione*, i gas disciolti nel magma tendono a liberarsi (*essoluzione*) formando bolle di gas (*vescicole* → *vescicolazione*) (un fenomeno simile avviene quando si stappa una bottiglia di spumante)

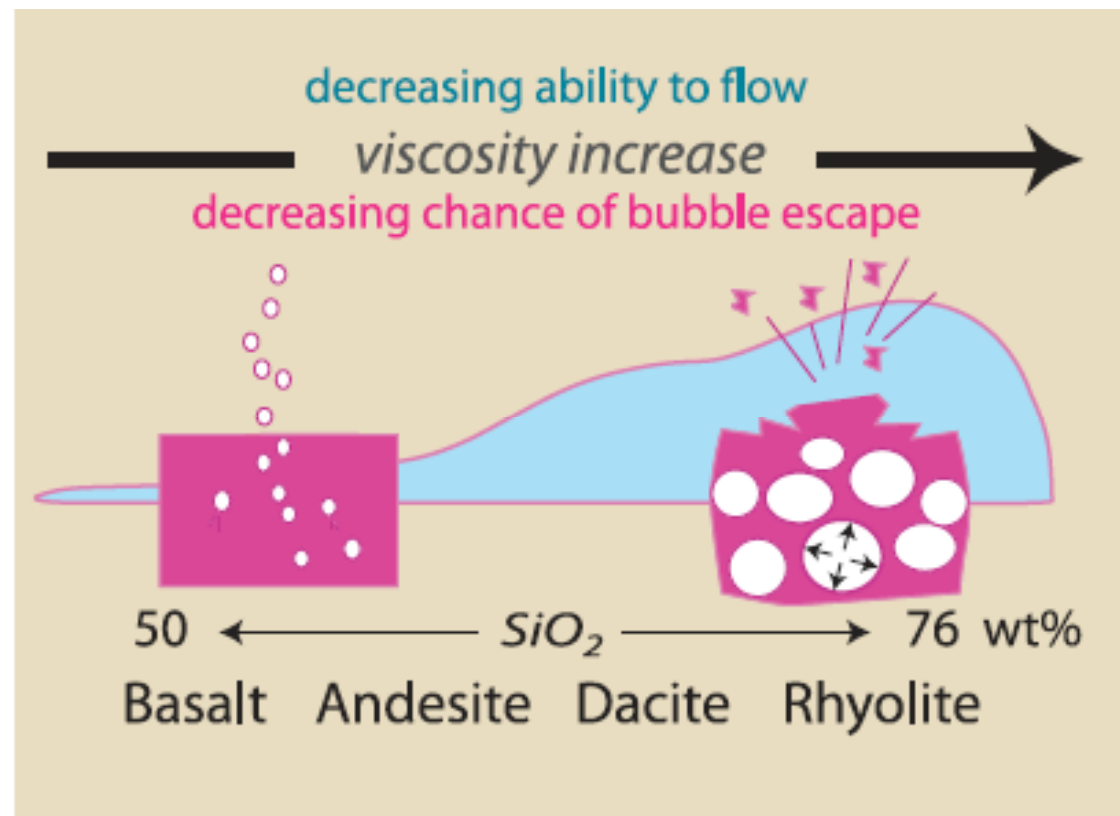
(fig. after Best, 2003)



Essoluzione di volatili e vescicolazione

❖ Il processo di *vescicolazione* è condizionato dalla *viscosità* del magma che determina a sua volta lo *stile delle eruzioni vulcaniche*

(Fig. after Miller & Walk 2008: *Elements*, 4, 11-16)

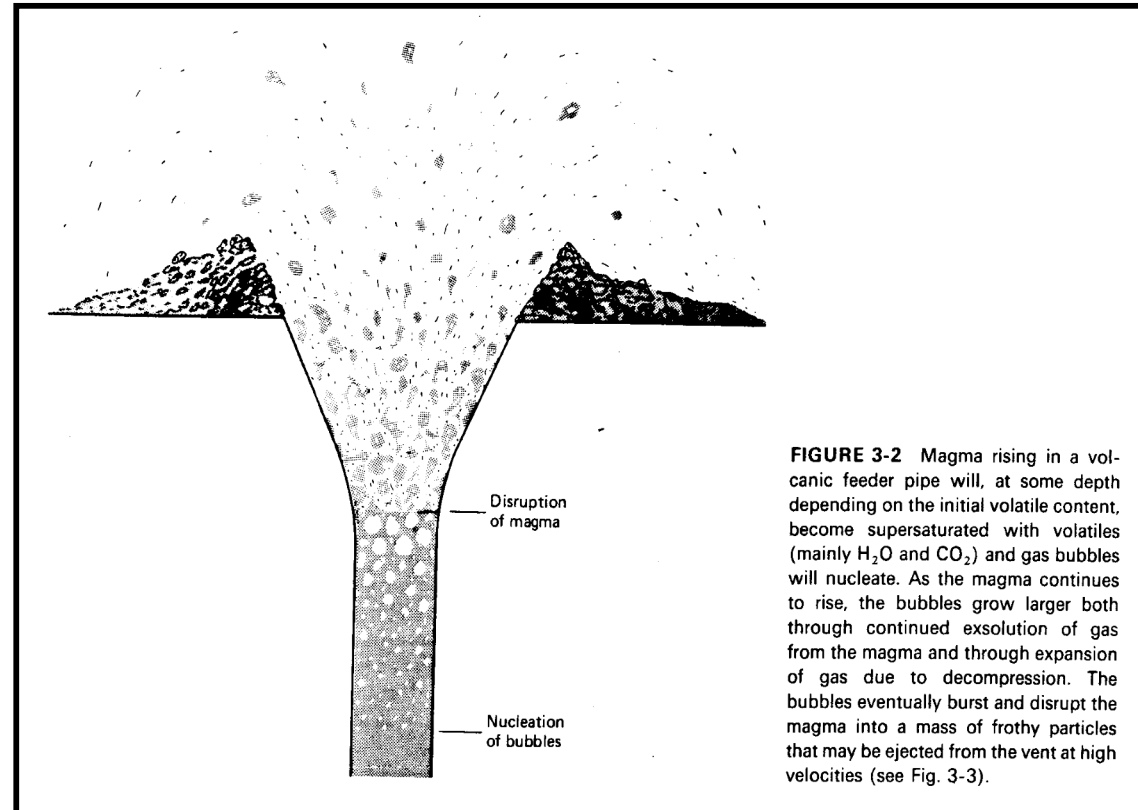


● Essoluzione e vescicolazione della fase gassosa

i) **livello di assoluzione:**
*nucleazione ed espansione delle bolle di gas con drastico aumento di volume** dovuto alla notevole differenza di volume molare di H₂O pura vs. H₂O dissolta nel fuso; cf. Fig. 3.10 in Best, 2003)

ii) **livello di frammentazione del magma**

l'aumento della pressione all'interno delle bolle gassose provoca la loro *esplosione* con conseguente *frammentazione del magma* e lancio nell'atmosfera di *materiale piroclastico* (aumento della velocità della miscela piroclastica fino a valori supersonici; cf. Philpotts, 1990)



* ca 99 vs 22 cm³/mole nel sistema Ab-H₂O a 950°C e 1 kbar

"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca Cavalli-Sforza)

✓ Eruzioni effusive

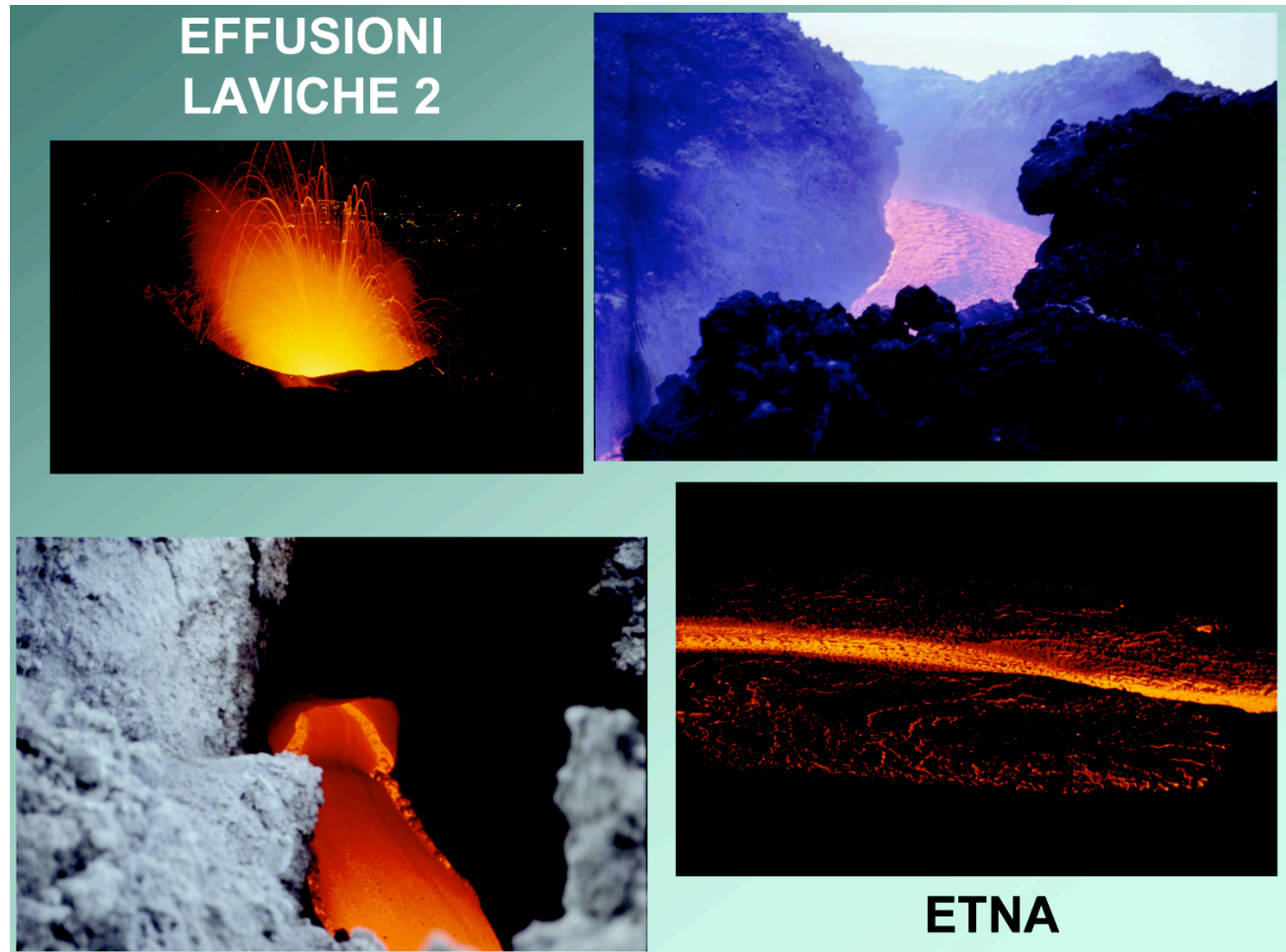
-**Magmi basaltici** (poveri di H_2O e a bassa viscosità). I gas disciolti tendono a sfuggire con relativa facilità dando origine ad attività *effusive* tranquille.

➤ *eruzioni Hawaiiiane*: effusioni di *lave* (che originano flussi di magma chiamati *colate*), con *minori attività esplosive* (attività stromboliana) con lancio di brandelli lavici (*scorie*) che si possono rinsaldare una volta caduti al suolo (modesto grado di frammentazione del magma; scarsa % di ceneri) (Calanchi, 2007)



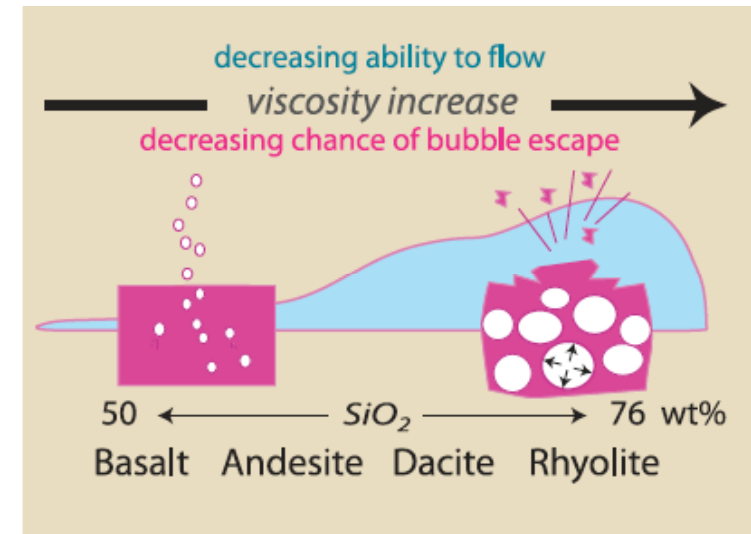
- **basalti hawaiani**: il basso contenuto in H_2O (0.45%) fa sì che lo stadio di *vescicolazione* si raggiunga a profondità modeste (300 m)
- Il contenuto in volatili è comunque sufficiente per provocare la “frammentazione” del magma con formazione di “*fontane di lava*” di oltre 500 m di altezza

(Calanchi, 2007)



✓ Eruzioni esplosive

- **Magmi acidi** (dacitici-riolitici): alta viscosità, alto contenuto in H_2O . La *separazione* delle *bolle* di gas è di fatto *impedita* e i gas possono raggiungere all'interno delle bolle *pressioni molto alte*



➤ **eruzioni esplosive**: provocano una *frammentazione* più o meno spinta del *magma* (componente *juvenile*) e dei *litici* (componente *accessoria* e/o *accidentale*) con formazione di una miscela (gas+liq+sol) la cui deposizione dà origine alle **rocce piroclastiche**

Classificazione delle eruzioni esplosive

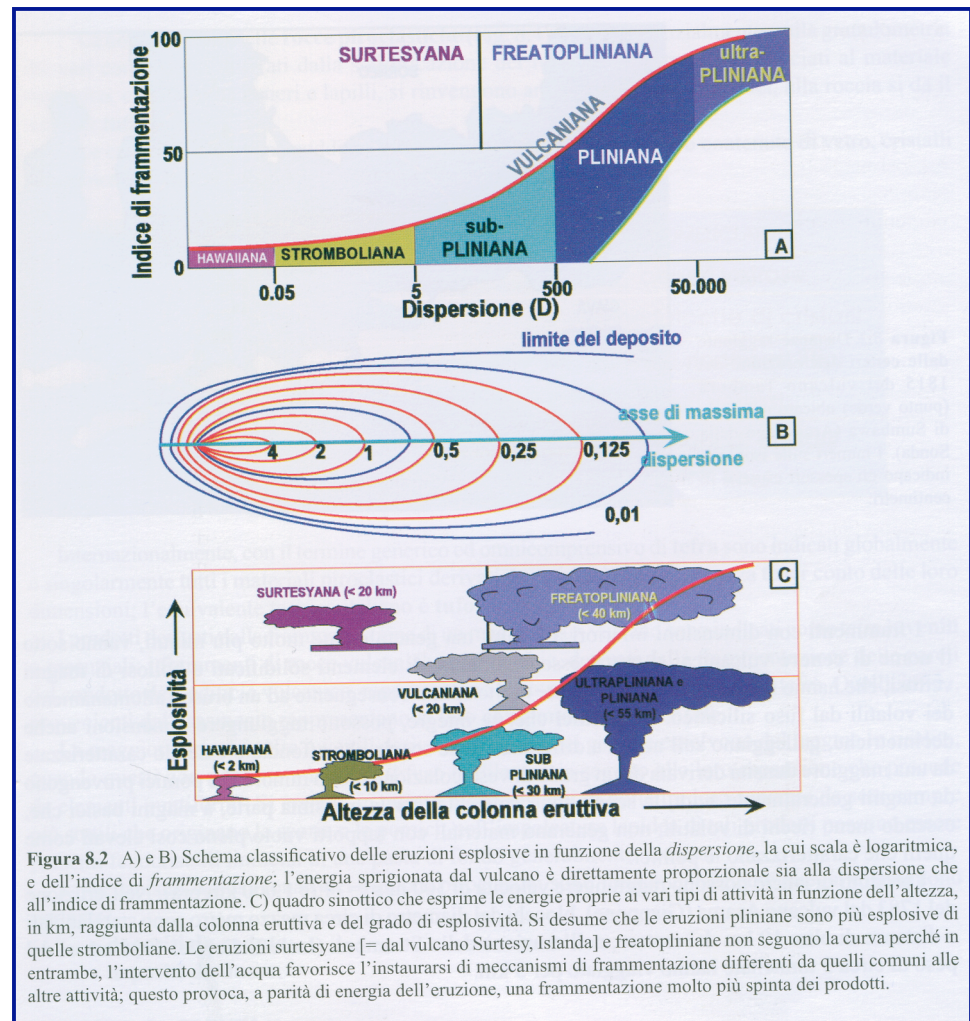
(Morbidelli, 2005)

Energia dell'evento

- *indice di dispersione* vs.
- *indice di frammentazione*

- *esplosività* vs
- *altezza della colonna eruttiva*

(vedi anche C.F. Miller & D.A. Wark, 2008: Supervolcanoes and their explosive supereruptions. Elements, 4, 11-16)



"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca Cavalli-Sforza)

VOLCANIC EXPLOSIVITY INDEX (VEI)

VEI	Plume height (km)	Ejected volume (km ³)	Frequency on Earth	Example
0	<0.1	>~10 ⁻⁶	daily	Kilauea, Hawai'i
1	0.1–1	>~10 ⁻⁵	daily	Stromboli, Italy
2	1–5	>~10 ⁻³	weekly	Galeras, Colombia, 1993
3	3–15	>~10 ⁻²	yearly	Nevado del Ruiz, Colombia, 1985
4	10–25	>~10 ⁻¹	~every 10 y	Soufrière Hills, West Indies, 1995
5	>25	>~1	~every 50 y	Mount St. Helens, USA, 1980
6	>25	>~10	~every 100 y	Pinatubo, Philippines, 1991
7	>25	>~100	~every 1000 y	Tambora, Indonesia, 1815
8	>25	>~1000	~every 10,000–100,000 y	<i>Supereruptions</i> : Toba, 74 ka

MODIFIED AFTER NEWHALL AND SELF (1982)

9.2 Natura dei prodotti/depositi vulcanici



Eruzioni effusive →lave e colate laviche



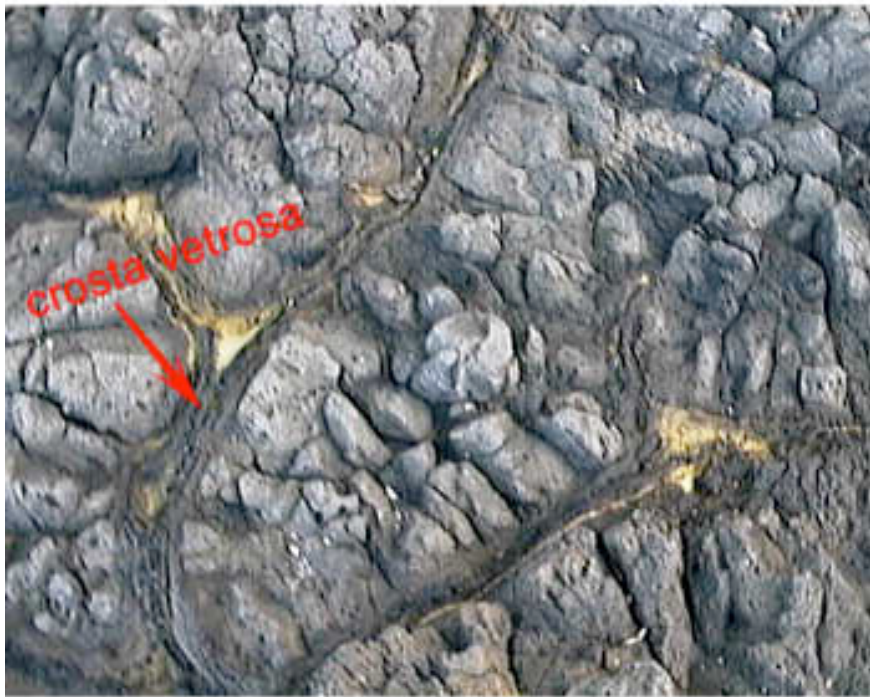
Eruzioni esplosive→prodotti e depositi piroclastici

Effusioni subacquee: lave a cuscino (*pillow lavas*)

Eruzioni in ambiente subacqueo (mare, fiumi, laghi) o subglaciale producono lave a cuscino

Condizioni richieste: basso tasso di emissione e presenza di pendii a basso angolo

(a) Pillow lavas (Aci Castello)



b) Pillow lavas surrounded by hyaloclastites (Aci Castello, Etna Volcanic Complex). Photo by Gaetano Sicurella, 2006

CORPI VULCANICI SUBACQUEI: PILLOWS

Giacitura e morfologia



Lave a pillow (Ustica).



(Foto: Calanchi, 2007)

Right: Mauna Kea subglacial Eruption
(Photo after Porter, 1987)



Left: Pillow lave formatesi da una colata che finisce in un fiume (Wailuky River, Haway).
(Photo by Jack Lockwood, 1982)

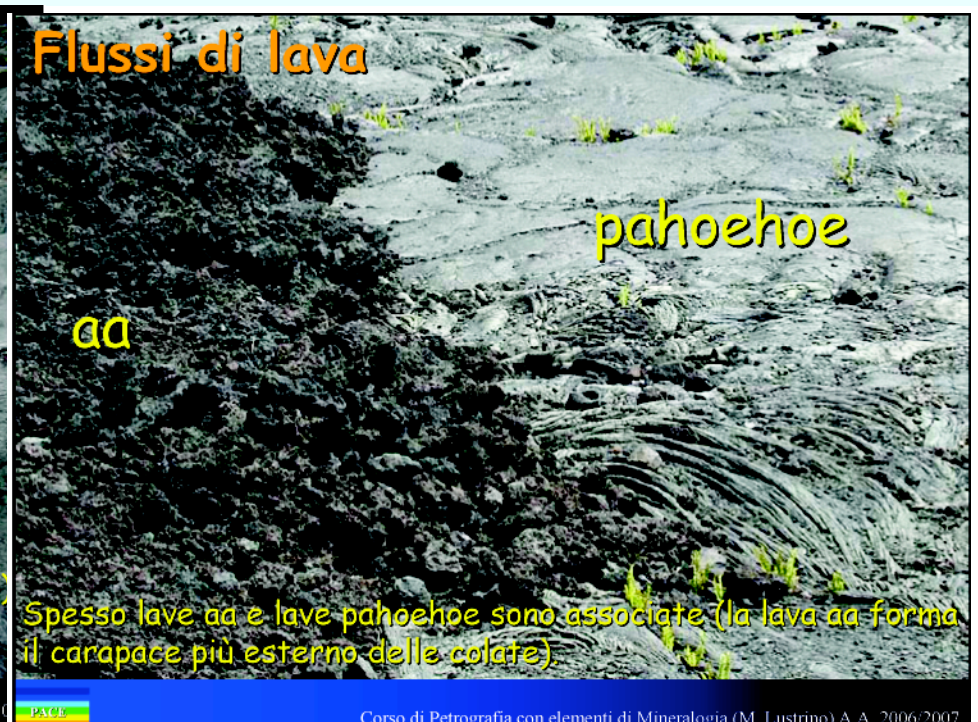
Ialoclastiti: depositi vulcanoclastici derivanti dall'accumulo di materiale vetroso prodotto dall'esfoliazione cipollare dei pillow. L'interazione ad alta T con acqua marina provoca l'alterazione del vetro in minerali argillosi, zeoliti, ossidi ferro, etc (*palagonitizzazione*)



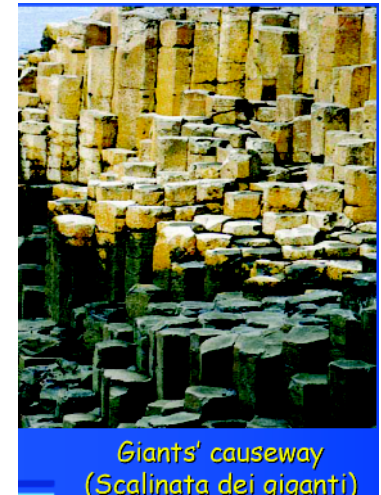
Palagonite tuff (Tenerife, the Canary Islandes)
Courtesy of Peter Francis

www.geology.sdsu.edu/.../palagonite_page.html

Magmi basaltici: effusioni in *ambiente subaereo* con formazione di *lave* e *colate laviche* (*pahoehoe* e *aa*)



Raffreddamento di *colate laviche basaltiche* con formazione di fratture normali alle superfici di flusso: *fessurazioni colonnari* a base pentagonale/esagonale



Giacitura delle rocce ignee

Rocce Vulcaniche

Durante il raffreddamento delle colate di lava di spessore da moderato ad elevato (in genere 5 m) si formano fratture perpendicolari alle superfici di flusso che dividono i basalti in colonne a base pentagonale: fessurazioni colonnari



Corso di Petrografia con elementi di Mineralogia (M. Lustrino) A.A. 2006/2007

Giacitura delle rocce ignee

Rocce Vulcaniche

Altri esempi di Fessurazioni Colonnari (*Columnar Joints*)



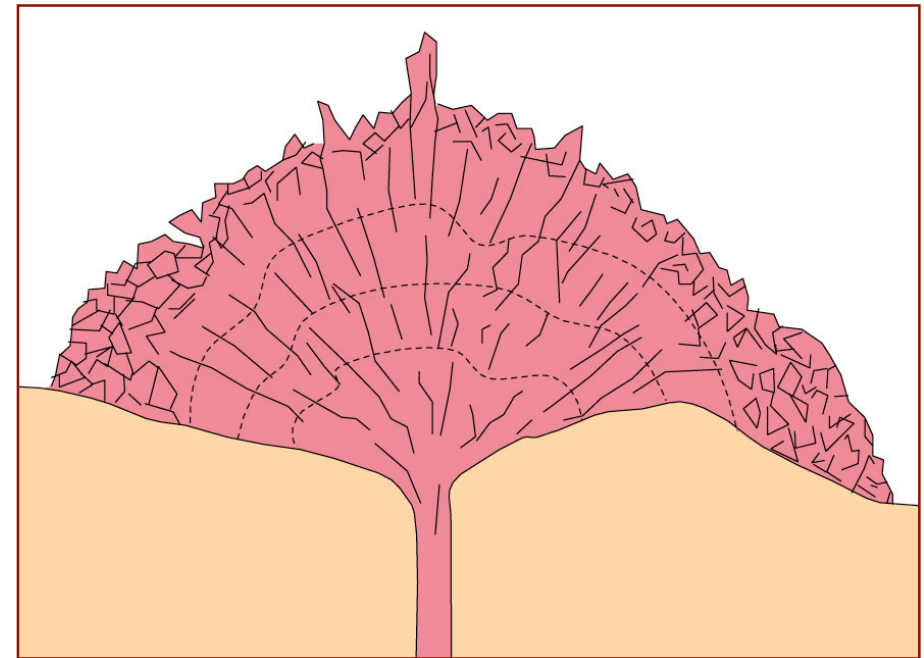
Corso di Petrografia con elementi di Mineralogia (M. Lustrino) A.A. 2006/2007

Attività effusiva: duomi

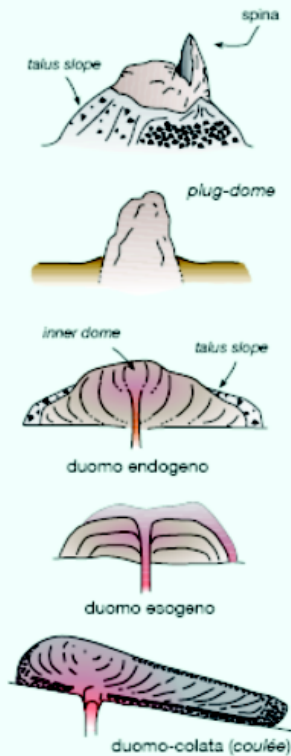
Magmi ad elevata viscosità (acidi e/o ad elevato contenuto xxllino): solitamente nella *fase terminale* di un ciclo eruttivo, a seguito della risalita di magmi degassati che ristagnano in corrispondenza della bocca del condotto, si formano dei *duomi o cupole di ristagno* (o protrusioni solide denominate *spine*)

-Duomo endogeno: accrescimento per espansione dall'interno a seguito di ripetute risalite magmatiche. Struttura “a cipolla”: l'effusione più esterna è la più antica

-Duomo esogeno: accrescimento attraverso una sequenza di effusioni
Schematic cross section through a lava dome (peléan) (Winter, 2001)



Duomo dacitico tipo “spina”



Panarea, Isole Eolie

Foto: N. Calanchi

Attività esplosiva: *prodotti/depositi piroclastici*

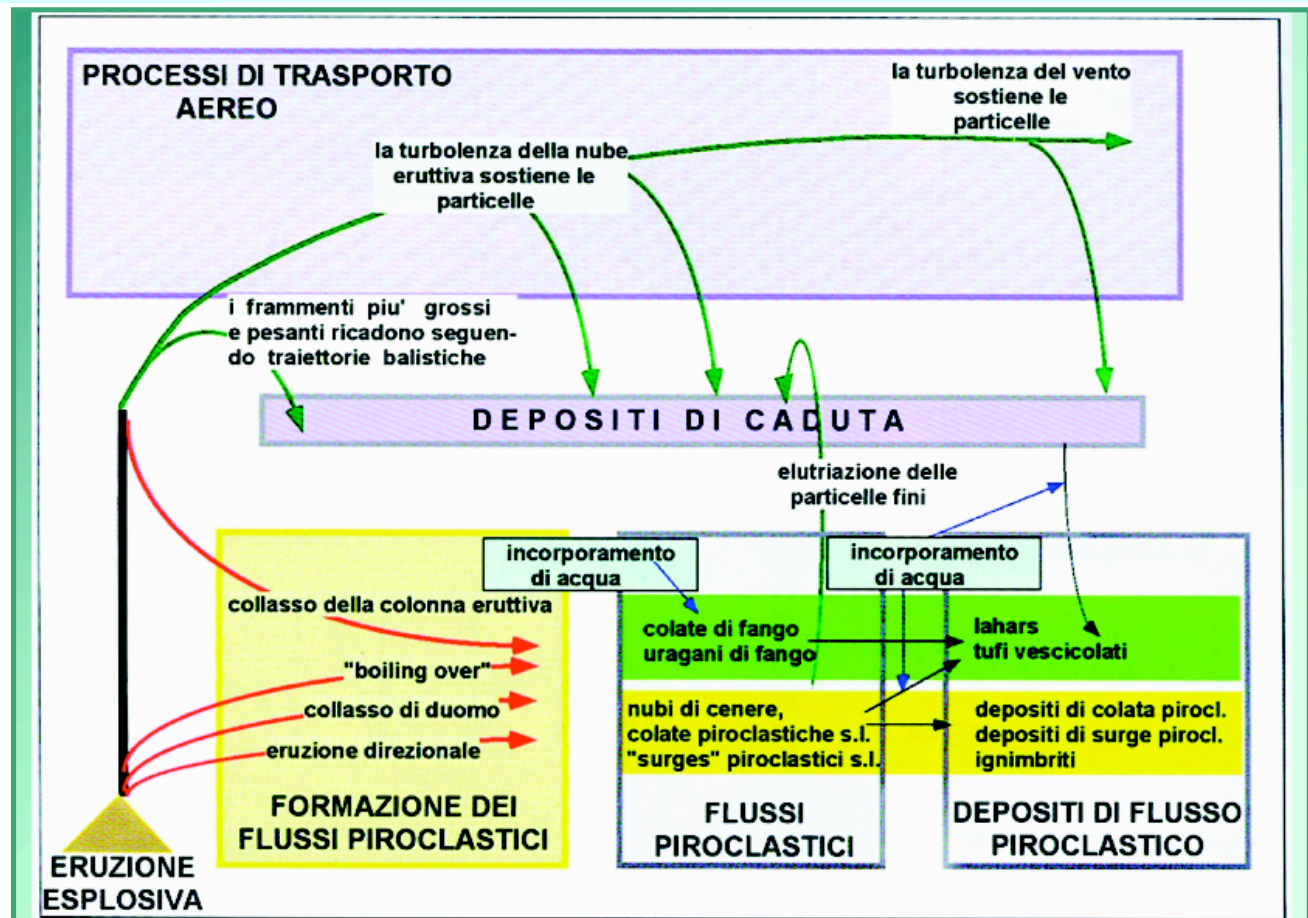
Photo of Mt. St. Helens
vertical ash column,
May 18, 1980
(after Winter, 2001)



I depositi piroclastici vengono classificati sulla base dei *meccanismi deposizionali*

- + depositi da caduta (*fall*)
- + depositi da flusso (*flow*)
(v. Appendix)

(Calanchi, 2007)



"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca Cavalli-Sforza)

✓ Caratteristiche giaciturali (*field relations*) e strutturali (*fabric*) dei depositi piroclastici

+ depositi da caduta

- hanno spessore omogeneo su ampie estensioni
- sono in genere ben classati (depositi medio-distali)

(Calanchi, 2007)

DEPOSITI DA CADUTA

Le eruzioni pliniane (tipiche del Vesuvio) sono altamente esplosive e molto pericolose. Possono raggiungere la stratosfera (cica 20-30 km) e causare variazioni del clima a livello globale.

La caduta di ceneri e lapilli pomicei dalla colonna eruttiva può coprire vaste regioni.



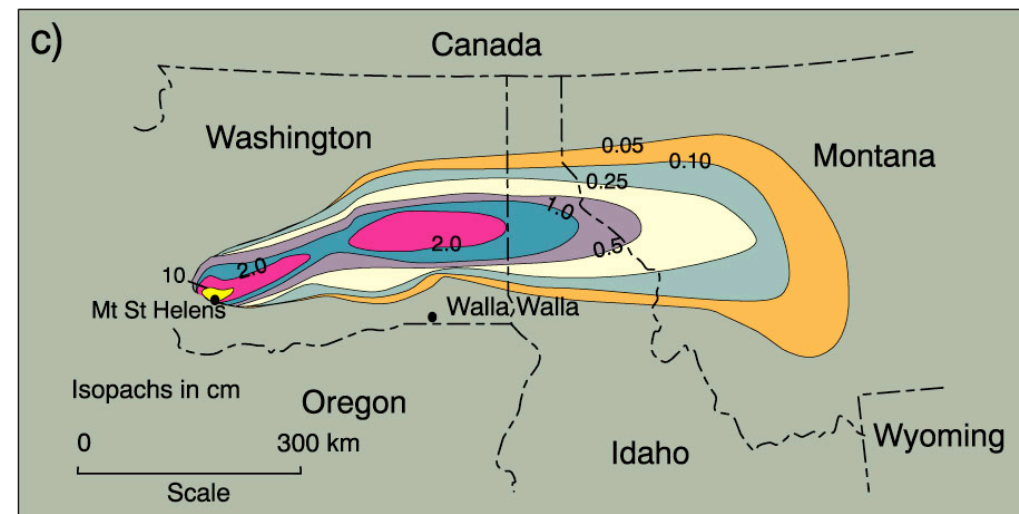
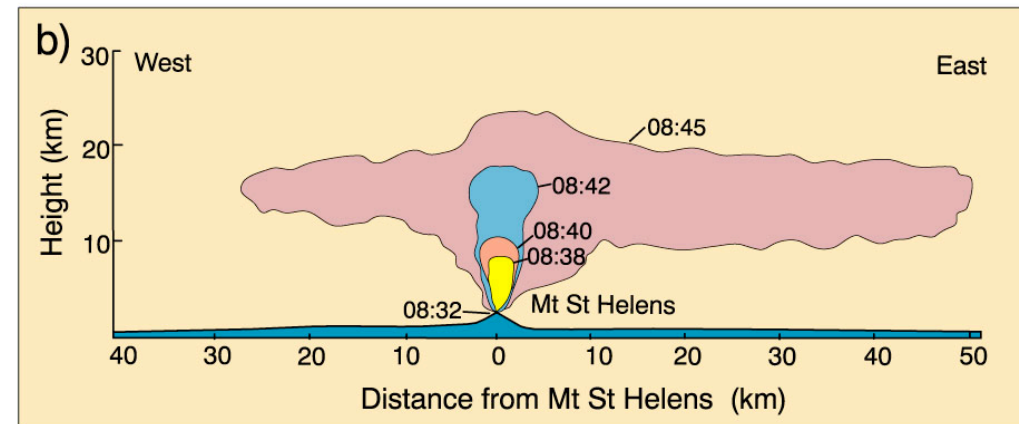
I depositi di caduta presentano in generale uno spessore omogeneo su ampie estensioni, spessore che non è condizionato dalla superficie topografica.

+ depositi da caduta (*fall*)

Ash cloud and deposits of the 1980 eruption of Mt. St. Helens

b. Vertical section of the ash cloud showing *temporal development* during first 13 minutes.

c. Map view of the *ash deposit*. Thickness is in cm.
After Sarna-Wojcicki
et al. (1981) in *The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington*. USGS Prof. Pap., 1250, 557-600.
(after Winter 2001)



"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca

Ash cloud and pyroclastic deposits produced during the 74 ka super eruption from the Toba caldera, Sumatra

Relative volumes of pyroclastic material erupted at four young volcanoes, compared with volume of three supereruptions (after Miller & Wark, 2008)

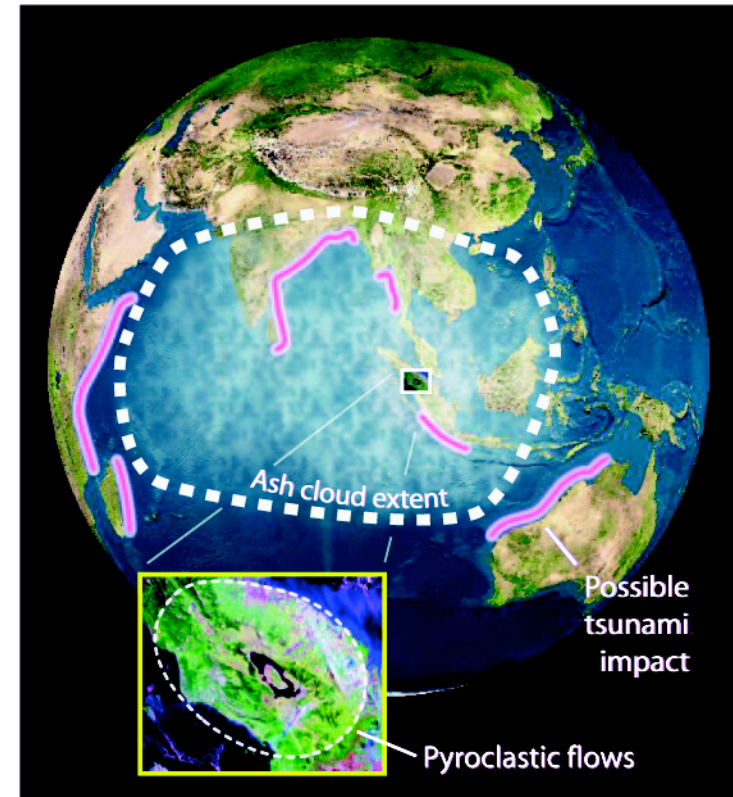
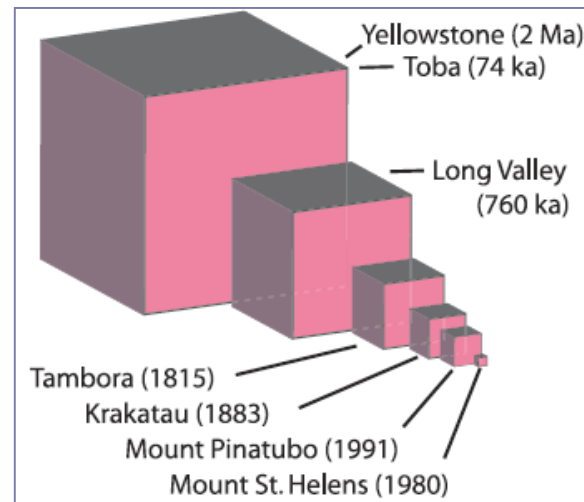


FIGURE 2 Likely extent of ash cloud (thick dashed line) and of pyroclastic flows (inset Landsat image; thin dashed line) produced during the 74 ka supereruption from the Toba caldera, Sumatra. Lake Toba (visible in center of inset) fills the 100 km long by 40 km wide depression formed during caldera collapse. Also shown is the possible impact zone of a tsunami generated by Toba pyroclastic flows entering the sea 150–200 kilometers from the source vents, but note that sea level was about 60 m lower at 74 ka than now. Figure based on original illustration by S. Self and S. Blake.

depositi da flusso (*flow*)

(Calanchi, 2007)

DEPOSITI DA FLUSSO

Il collasso della colonna eruttiva può causare flussi turbolenti e variamente diluiti molto caldi (sino a 600 °C) costituiti da gas e componenti juvenili e litiche. Si tratta di flussi molto veloci (sino a 300 m/sec) che risultano molto condizionati dalla topografia.

Ottimi esempi di depositi riferibili a queste dinamiche di messa in posto sono visibili al Vesuvio, Pinatubo, Mt. St. Helens, Nevado del Ruiz.



La quasi totalità dei morti, causata dall'eruzione catastrofica del Vesuvio del 79 d.C, avvenne in seguito al collasso della colonna eruttiva che generò molti flussi turbolenti che con i loro gas e i loro depositi fecero morire e seppellirono gli abitanti delle città vesuviane (Pompei ed Ercolano)



(Calanchi, 2007; cf. Giacomelli et al., 2003: The eruption of Vesuvius of 79 AD and its impact on human environment in Pompeii. Episodes, 26/3, 235-238,)

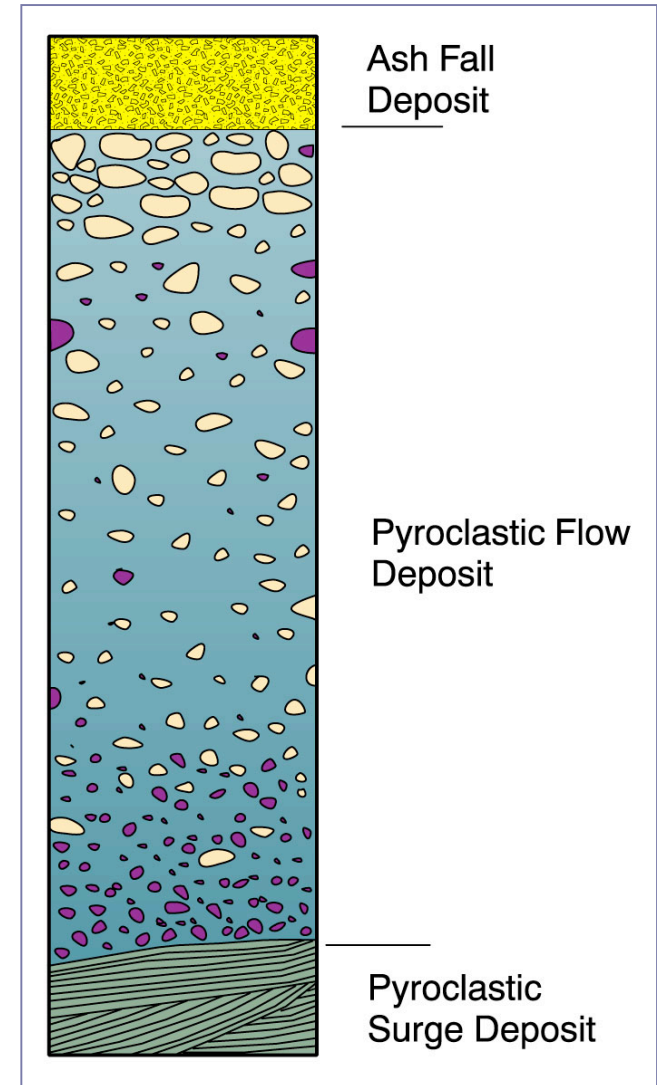
“La Scienza come arte dell'approssimazione” (Luca Cavalli-Sforza)

Ignimbriti: depositi derivanti dalla messa in posto di **flussi piroclastici ad alta T** (Wright et al., 1980)

(gradazione diretta nella parte bassa e inversa nella parte alta della sequenza)

Section through a typical ignimbrite, showing basal surge deposit, middle flow, and upper ash fall cover.

Tan blocks represent pumice, and purple represents denser lithic fragments. After Sparks *et al.* (1973) *Geology*, 1, 115-118. Geol. Soc. America (in Winter, 2001)



Caratteristiche dei *depositi da flusso*

+ tendono a canalizzarsi nelle valli e/o ispessirsi in corrispondenza dei bassi morfologici

+ *non sono classati* (vedi Appendix)

(Calanchi, 2007)

ROCCE PIROCLASTICHE DA FLUSSO

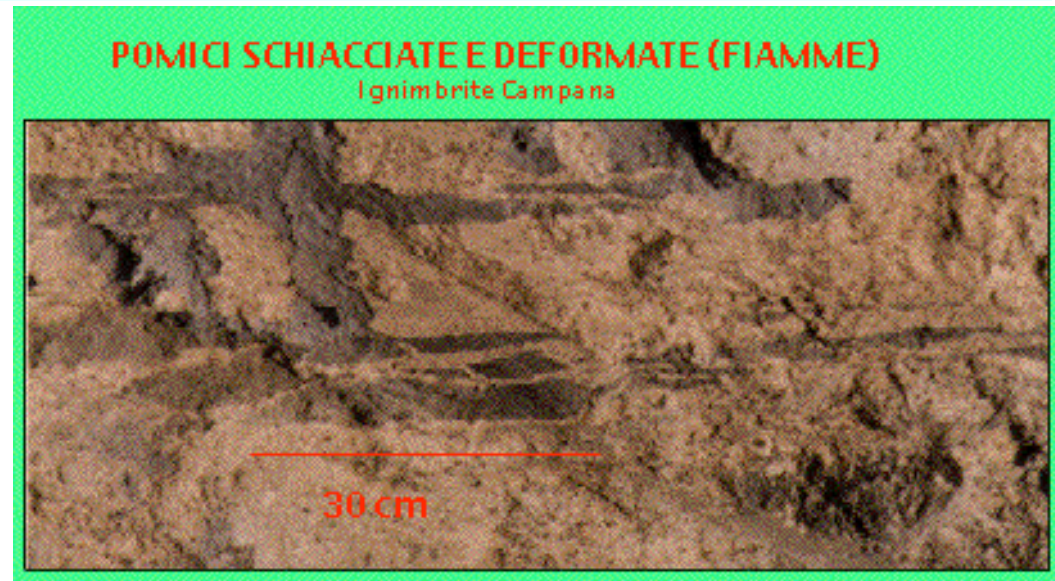


"Lithic and crystal tuff"

"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca Cavalli-Sforza)

Caratteristiche dei *depositi da flusso*

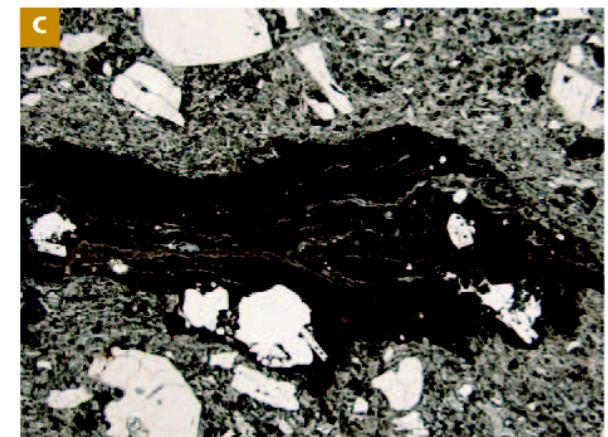
- ❖ I livelli inferiori di ciascun flusso piroclastico possono, per effetto del carico litostatico e della T elevata, “saldarsi” con formazione dei cosiddetti **tufi saldati** (*welded tuff*: *ignimbriti*)
- ❖ A questo fenomeno si affianca anche lo *schacciamento delle pomici* che diventano appiattite e fusiformi con formazione della struttura a “*fiamme*”
- ❖ La compattazione può portare allo sviluppo di una *tessitura pseudofluidale* dovuta all'appiattimento della componente vetrosa in bande



Ignimbrite campana: eruzione (c.a 80 km³) di *magma trachitico* avvenuta ca. 35.000 anni fa (CampiFlegrei)

Strutture di depositi piroclastici *da caduta* (A) e *da flusso* (B,C)

FIGURE 2 Textures of some pyroclastic deposits. **(A)** Typical proximal plinian fall deposit (Oruanui, New Zealand). Note the uniformity of particle sizes, the particle angularity and the absence of fine-ash matrix, the result of winnowing in the high eruption plume. Darker fragments are lithic material. **(B)** Typical ignimbrite (Whakamaru, New Zealand). Note the poor sorting, the presence of ashy matrix, and the rounding of pale pumice clasts due to abrasion in the pyroclastic flow. **(C)** Photomicrograph of welded ignimbrite (Huckleberry Ridge Tuff, Yellowstone). Field of view is about 9 mm wide. The dark-brown fragment in the centre is a flattened pumice clast, set in a matrix of shards, that is, shattered frothy magma. The streaking within the pumice represents mixing within the magma chamber, and the heterogeneous nature of the matrix is due to mixing of fragments during transport. White fragments are crystals of quartz and feldspar.



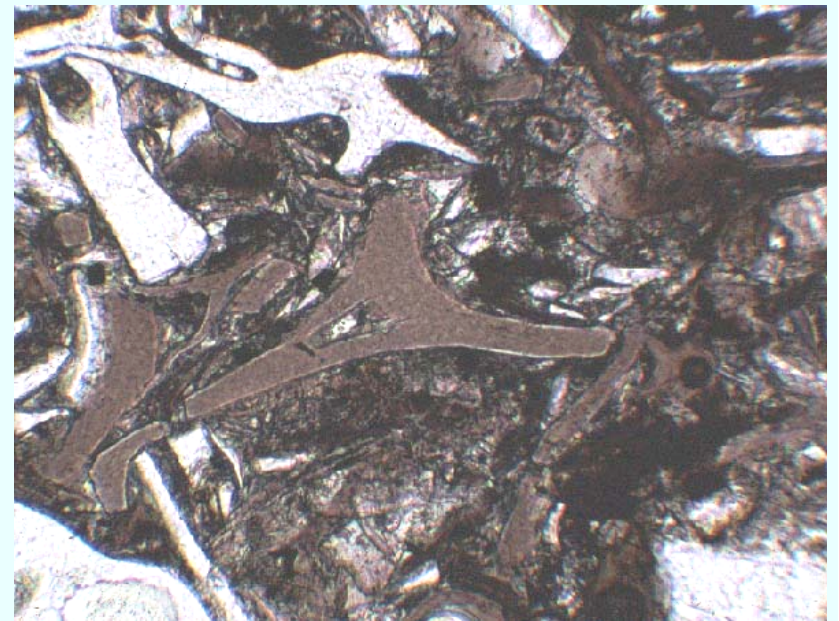
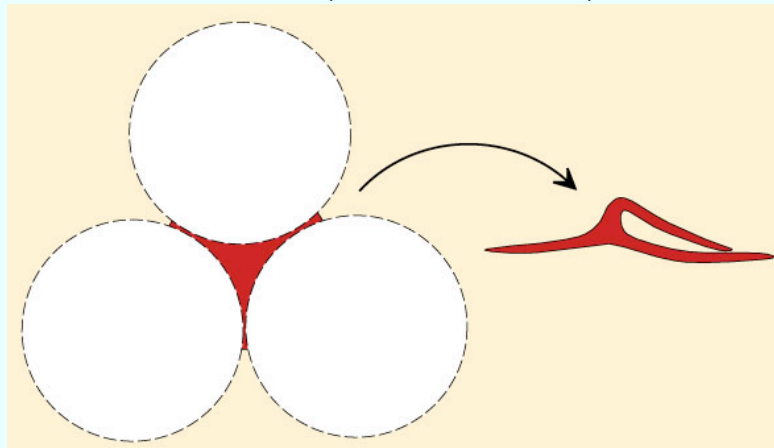
Supereruption: ejected volume $> 450 \text{ Km}^3$

(after C. J. N. Wilson (2008). Supereruptions and Supervolcanoes: Processes and Products. Elements, 4/1, 29-34.

“La Scienza come arte dell'approssimazione” (Luca Cavalli-Sforza)

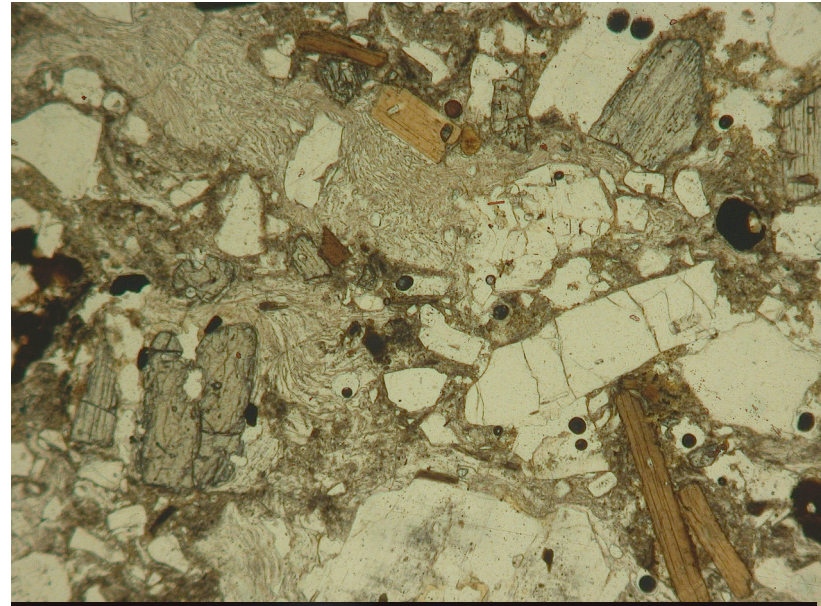
+ **Ignimbriti:** a livello microscopico presentano una *struttura eutaxitica* derivante dallo *schacciamento*, *deformazione* e *rinsaldamento* di lapilli pomicei e clasti vetrosi (ash-size) a forma di Y o doppia Y (*shard*) che rappresentano porzioni delle pareti vetrose delle bolle di gas (pomici) o vetro interstiziale (*componente juvenile*)

(Winter, 2001)

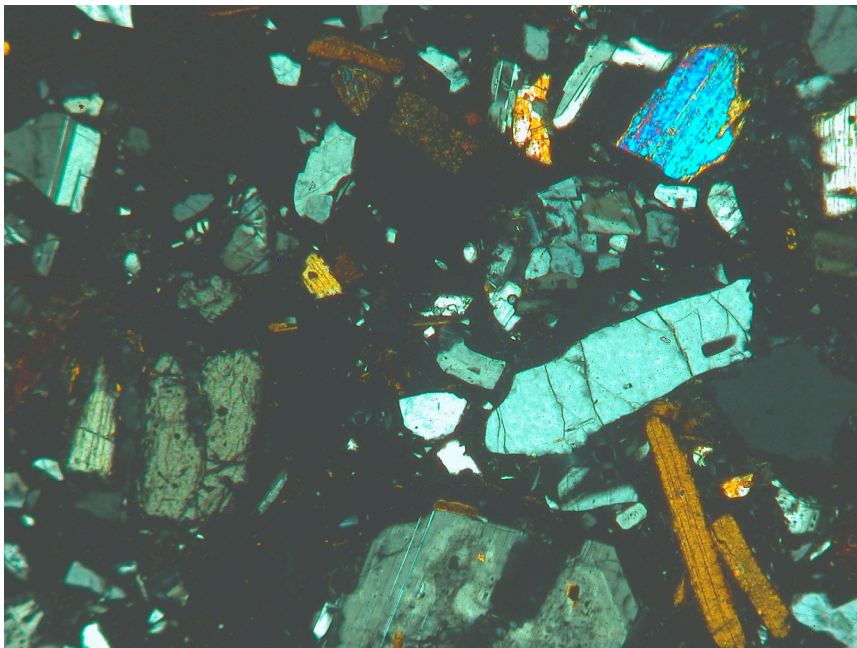


Microstrutture di “lapilli tuff” rinsaldati (*welded tuff*: ignimbriti) di composizione latitica (trachianandesitica) (a,b) e riolitica (c). **Struttura eutaxitica** derivante dallo schiacciamento e rinsaldamento di lapilli pomicei e “shard” vetrosi (componente iuvenile) (foto:A.Rottura).

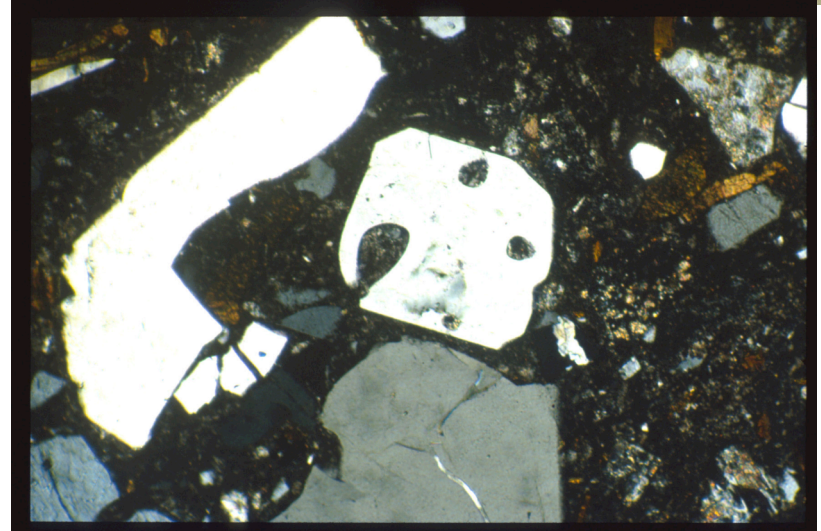
(a) →



← (b)



(c) →



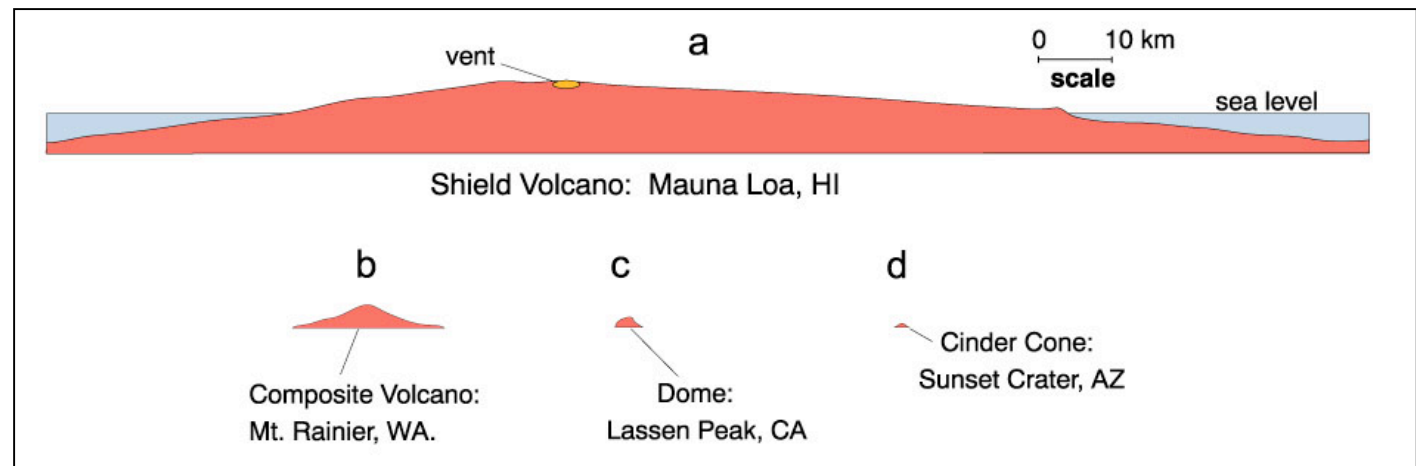
“La Scienza come arte dell'approssimazione” (Luca Cavalli-Sforza)

9.3 Tipologia degli edifici vulcanici

- ◆ vulcani a condotto centrale (condotto stabile nel tempo)
- ◆ vulcani lineari (fratture eruttive)
- ◆ edifici monogenici e poligenici (numero eventi eruttivi)

Dipende da:

- viscosità della lava
- rapporto lave/piroclastiti
- tasso di emissione



vulcano a scudo(a) vs. stratovulcano o vulcano composito (b) vs. duomo (c) vs. cono di scorie(d) (Winter, 2001)

Petrografia ignea: tipologia edifici vulcanici

Tipi di vulcani

Il tipo di vulcano che si forma dipende da: viscosità della lava, rapporto lava/piroclastite, tasso di emissione.

Aumento della viscosità
Aumento della violenza

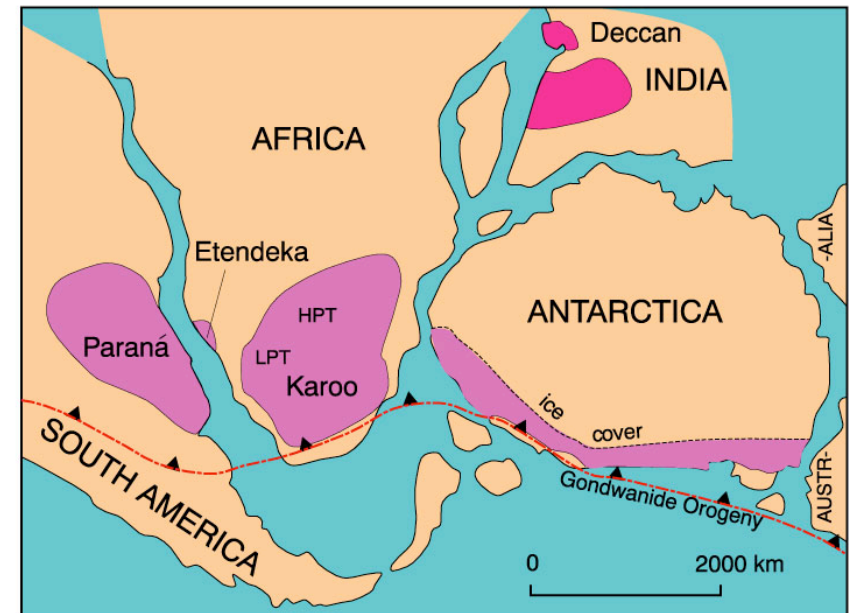
-- basalto di tipo "flood" (Deccan, Parana)
-- vulcano a scudo (Mauna Loa, Kilauea, Hawaii)

Mauna Loa che emerge dalle nubi (immagine ripresa dall'aereo)

Caldera del Kilauea

PAGE

Corso di Petrografia con elementi di Mineralogia (M. Lustrino) A.A. 2006/2007



Continental Flood Basalts (CFB) provinces of Gondwanaland prior to break-up and separation (after Cox, 1978 in Winter. 2001)

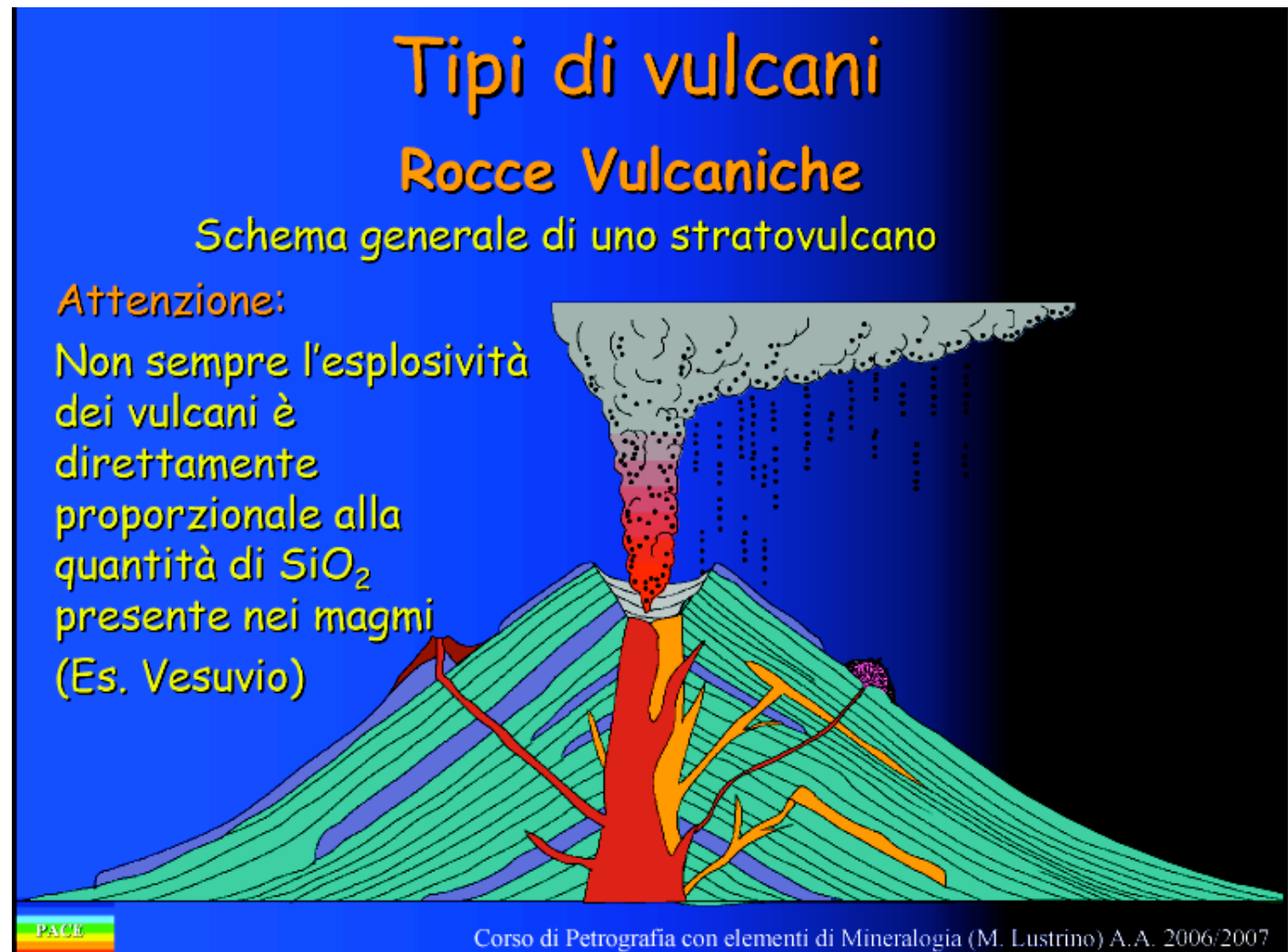
Petrografia ignea: tipologia edifici vulcanici

Stratovulcano

(vulcano composito)

Alternanza di colate laviche e piroclastiti

(after Macdonald, 1972)



"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca Cavalli-Sforza)

Petrografia ignea: tipologia edifici vulcanici

Monte Somma-Vesuvio

-lave K da
trachibasaltiche a
trachitiche (>8000 b.p.)
- attività esplosiva: K
latiti-trachiti e HK Lc-
tefriti/fonoliti (8000-79
AD)

Tipi di vulcani

Il tipo di vulcano che si forma dipende da: viscosità della lava, rapporto lava/piroclastite, tasso di emissione.

- Aumento della viscosità
Aumento della violenza
- basalto di tipo "flood" (Deccan, Paraná)
-- vulcano a scudo (Kilauea, Hawaii)
-- vulcano di cenere (Logudoro, Sardegna)
-- vulcano composito (stratovulcano; Vesuvio)



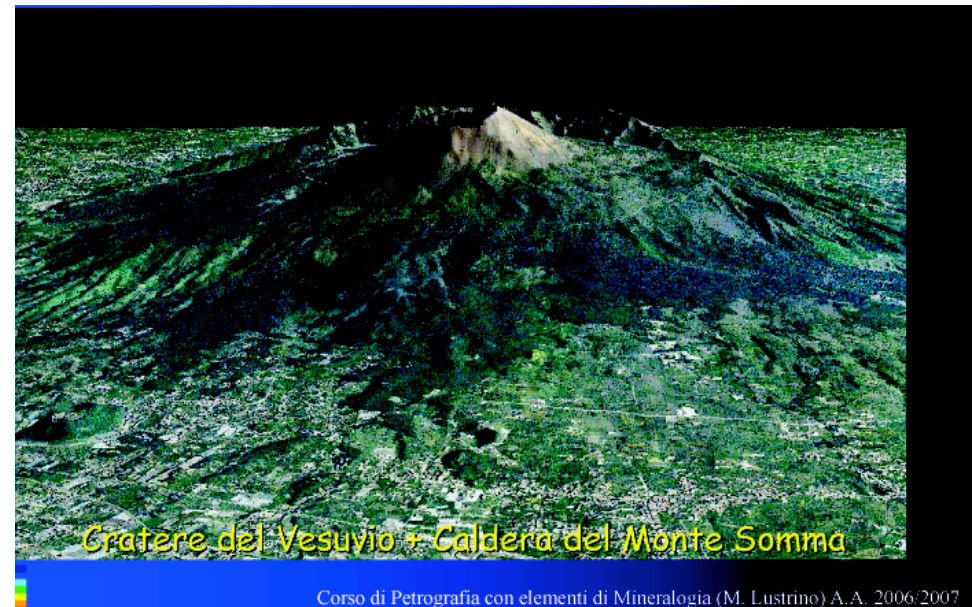
PACE

Corso di Petrografia con elementi di Mineralogia (M. Lustrino) A.A. 2006/2007

Petrografia ignea: tipologia edifici vulcanici

✓ Caldere

strutture circolari depresse che si formano per *collasso* dovuto allo svuotamento di camere magmatiche superficiali (es. Crater Lake, Long Valley, Campi Flegrei, Monte Somma, etc.)

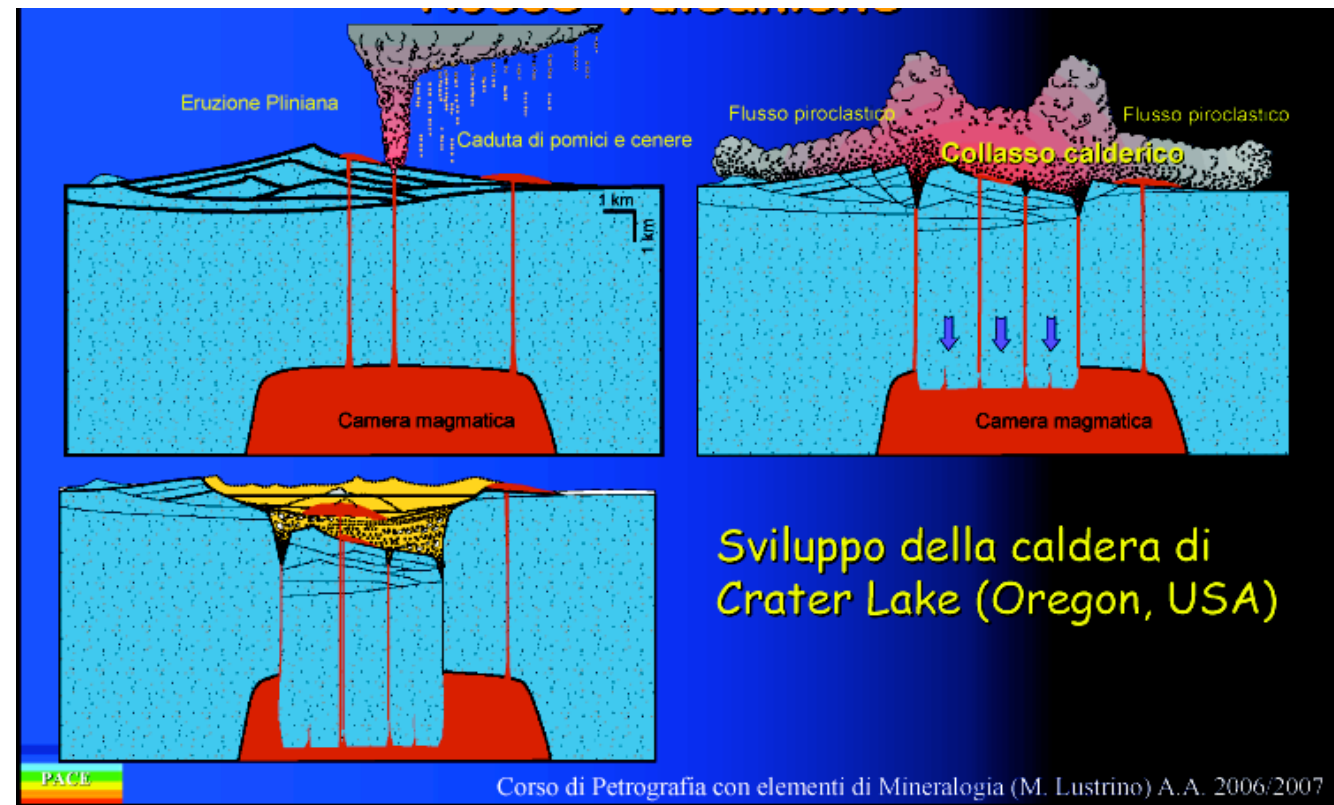


The largest calderas, some over 100 km across, are associated with tremendous pyroclastic eruptions (supereruption) of rhyolite (e.g. 2 Ma ago the first eruption at Yellowstone in the western USA produced about 2500 km³ of rhyolitic material in a single huge ash flow; after Winter, 2001)

"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca Cavalli-Sforza)

Petrografia ignea: tipologia edifici vulcanici

Formazione della caldera di Crater Lake (Oregon)



Eruzione esplosiva di Mt. Mazama (emissione di ca 50 km^3 di materiali) e formazione della caldera di Crater Lake ca 6850 anni fa (after Bacon, 1988)

“La Scienza come arte dell'approssimazione” (Luca Cavalli-Sforza)

Petrografia ignea: tipologia edifici vulcanici



Corso di Petrografia con elementi di Mineralogia (M. Lustrino) A.A. 2006/2007

Caldera di circa 15 km di diametro prodotta 35.000 anni fa a seguito di una grande eruzione ignimbratica da una frattura anulare, con emissione di ca 80 km³ di magma trachitico (Rosi et al., 1983 in D'Amico et al., 1987)

"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca Cavalli-Sforza)



APPENDIX

“La Scienza come arte dell'approssimazione” (Luca Cavalli-Sforza)

✓ Rocce piroclastiche: componenti e classificazione



Photo of Mt. St. Helens vertical ash column, May 18, 1980 (after Winter, 2001)

C-accessoria: frammenti di rocce vulcaniche strappate dal condotto

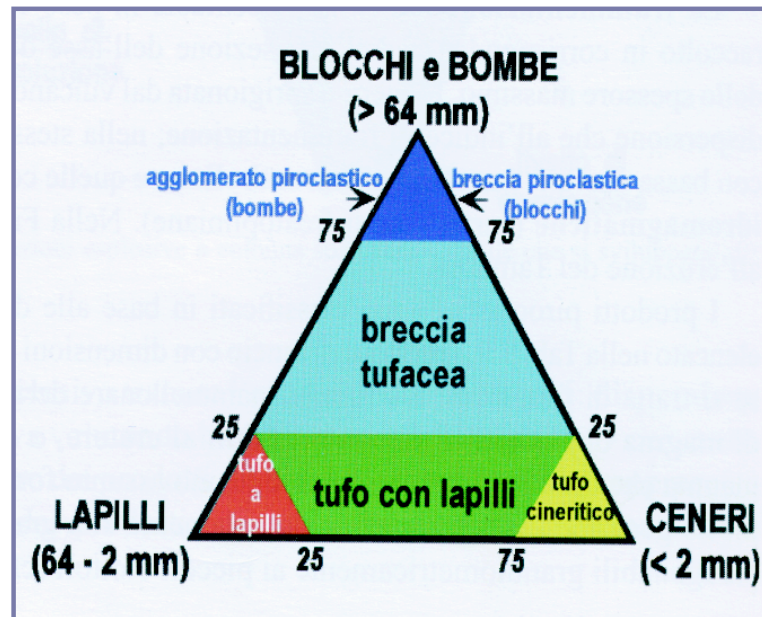
C-accidentale: frammenti del basamento (Fig: Calanchi, 2007)

Tefra: termine generico usato per indicare *materiali piroclastici di qualsivoglia dimensione poco o punto consolidati*

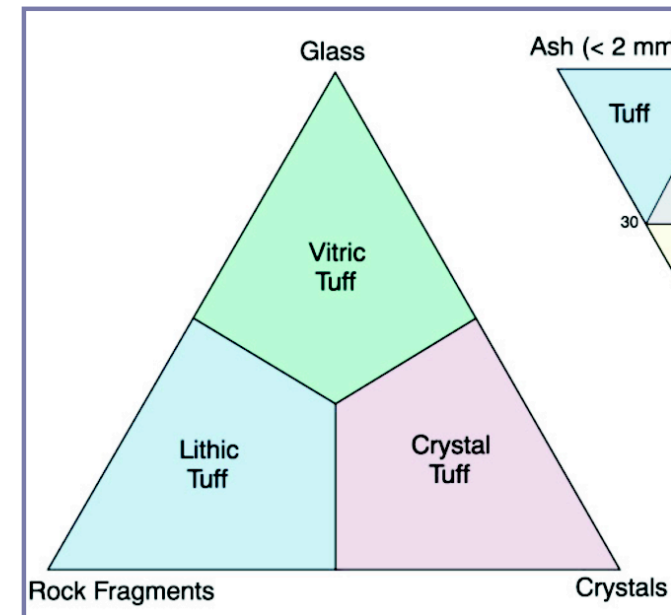
"La Scienza come arte dell'approssimazione" (Luca Cavalli-Sforza)

✓ Rocce piroclastiche: Classificazione

Si basa sulle *dimensioni* dei frammenti -*blocchi*, *ceneri*, *lapilli*- e sui loro *rapporti quantitativi* (a). I tufi e le ceneri vengono suddivisi in funzione del contenuto in *vetro*, *cristalli* e *litici* (b)



(a) Morbidelli (2005)



(b) Schmid (1981)

Types of *pyroclastic flow* deposits

a) *collapse* of a vertical explosive or *plinian column* that falls back to earth, and continues to travel along the ground surface.

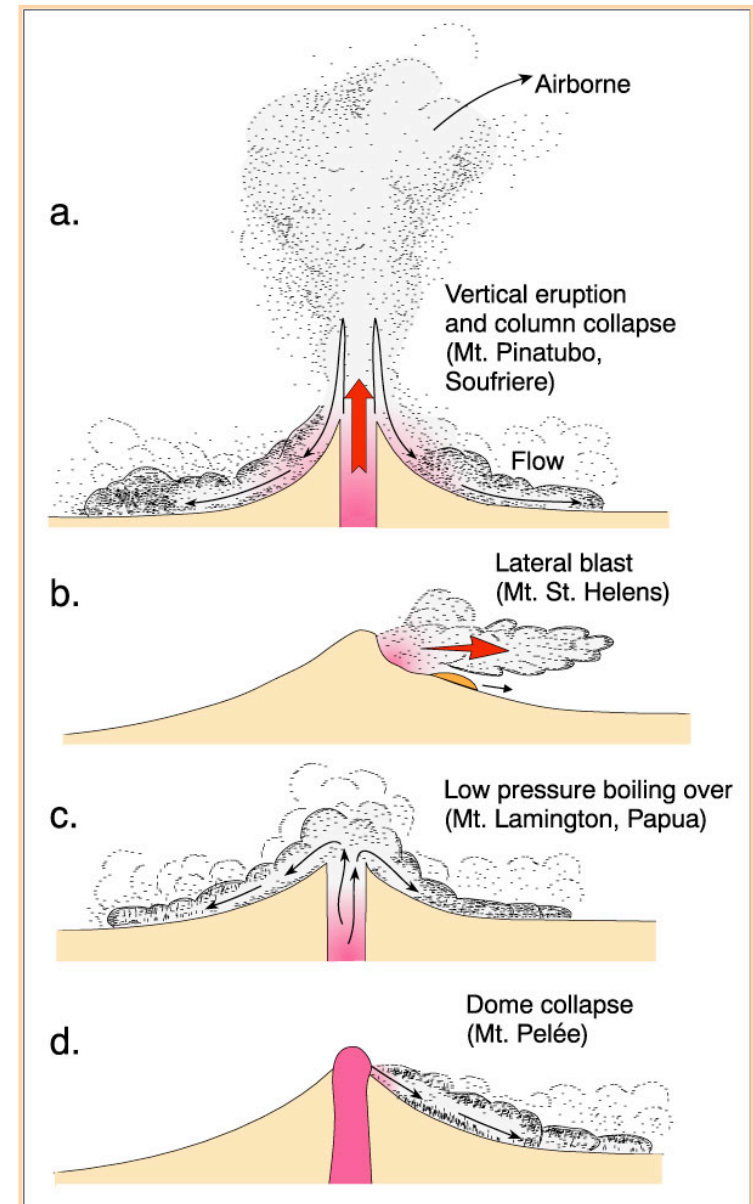
b) *Lateral blast*, such as occurred at Mt. St. Helens in 1980.

c) “Boiling-over” of a highly gas-charged magma from a vent.

d. Gravitational collapse of a hot dome (Fig. 4-18d).

After MacDonald (1972), *Volcanoes*. Prentice-Hall, Inc.; Fisher and Schminke (1984), *Pyroclastic Rocks*. Springer-Verlag. Berlin. (in Winter, 2001)

“La Scienza come arte dell'approssimazione” (Luca Cavalli-Sforza)



(Calanchi, 2007)

ROCCE PIROCLASTICHE DA CADUTA



Sequenza di depositi da
“air fall”.



Struttura da impatto
o “bomb sag”



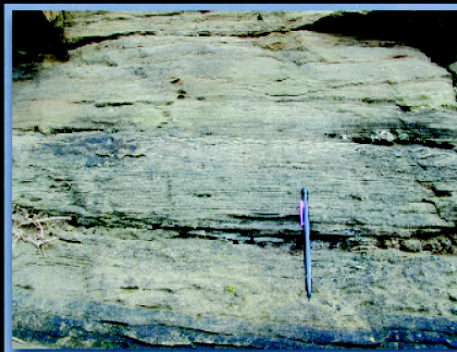
Deposito di
“ash and
scoria fall”

(Calanchi, 2007)

ROCCE PIROCLASTICHE DA FLUSSO

USTICA

← direzione del flusso dei surge (wet)



distale



medio distale



Prossimale

LINOSA



direzione del flusso dei surge (wet)



LIPARI



direzione del flusso dei surge (dry)



“La Scienza come arte dell'approssimazione” (Luca Cavalli-Sforza)

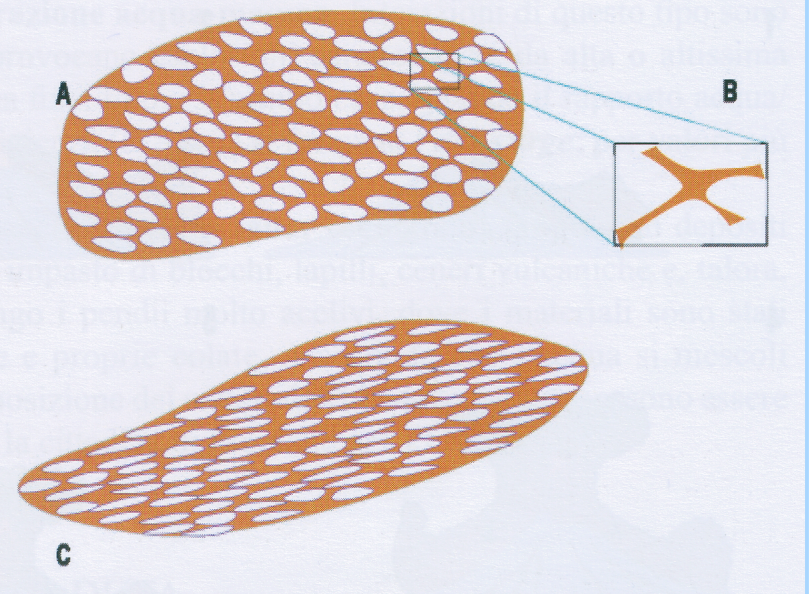


struttura vitroclastica e “fiamme”

A-B: *shard*

C: *fiamme*

Figura 8.7 A) distribuzione dei vuoti in una pomice integra. B) porzione vetrosa, costituente parte dell'impalcatura lapidea di quattro bolle, che resta dopo la frantumazione parziale della pomice A. Si noti la forma a doppia Y assunta dal frammento di vetro [= *shard*]. C) modellamento per compattazione, di una pomice tipo A, che si sviluppa quando ancora la massa del flusso piroclastico è calda e, quindi, allo stato plastico; si formano individui fusiformi, denominati *fiamme*, che si orientano parallelamente alla stratificazione. Lo schiacciamento, che dipende dal carico sovrastante e dalla temperatura di messa in posto, è più evidente nelle porzioni basali di una singola unità di flusso. Normalmente le fiamme si stagliano sulla restante componente prevalentemente cineritica.



(Morbidelli, 2005)

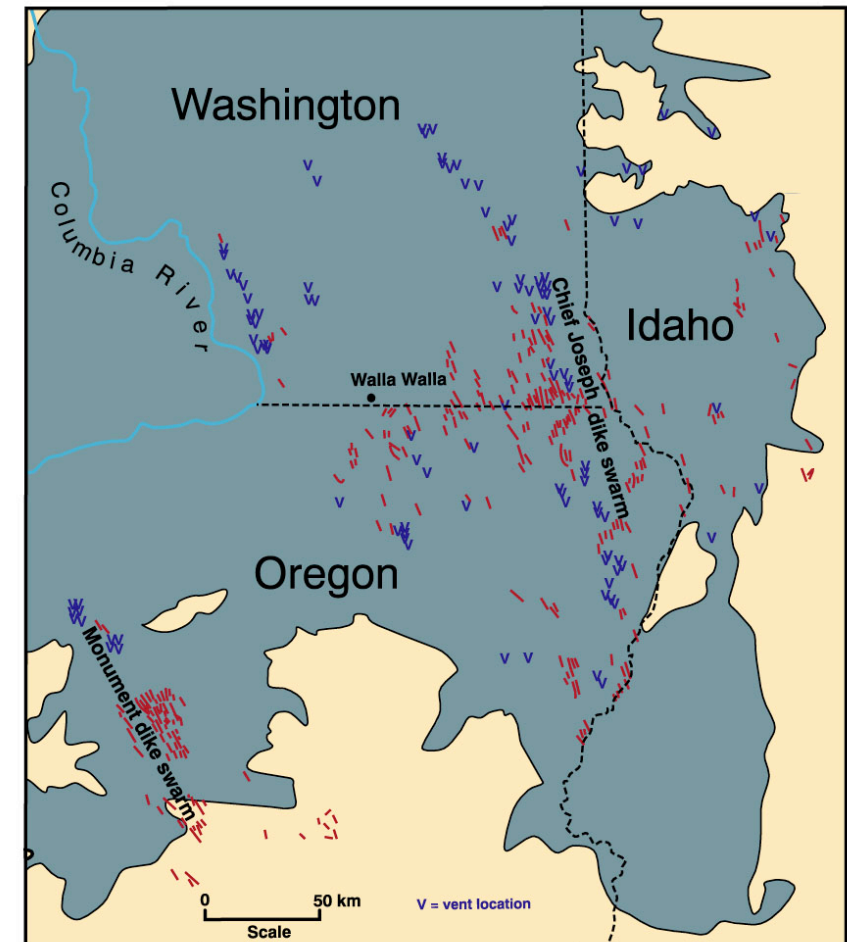
Espandimenti o plateaux basaltici (CFB)

attività vulcanica di tipo fissurale

Location of the exposed feeder dikes (heavy lines) and vents (V's) of the southeastern portion of the Columbia River Basalts. Unshaded area covered by **CRB** (a major plateau-type or flood basalt province). After Tolan *et al.* (1989), in Winter, 2001

● **Columbia River Flood Basalts*** (LIP) eruttati durante il Miocene (17-6Ma) (volume totale di magmi eruttati: 174.000-224.000 km³, il 94% dei quali eruttati in 1 Ma).

***Basalti TH Fe-ricchi**



Espandimenti o plateaux basaltici (CFB)

Flood basalt provinces of Gondwanaland prior to (Juro- Cretaceous) break-up and separation.
After Cox (1978) in Winter 2001.

